

4. Глазырина Т.А. Динамика электропривода с нечетким регулятором / Т.А.Глазырина [и др.] // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – т. 316. – № 4. – С. 168–173.

Научный руководитель: О.С. Качин, к.т.н., доцент каф. ЭПЭО ЭНИН ТПУ.

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ УСИЛИЯ В САМОТОРМОЗЯЩИХСЯ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯХ

В.Е. Королев¹, С.Н. Кладиев², Н.В. Гусев²
Томский политехнический университет^{1,2}
ЭНИН, ЭПЭО, группа 5АМ6Л¹

Нормальная эксплуатация грузоподъемных машин и механизмов и станков с числовым программным управлением (ЧПУ) невозможна без электродвигателей снабженных надежно действующими тормозными устройствами. Как показывает обзор современной патентной отечественной литературы и промышленно развитых зарубежных стран (Англия, Германия, Италия, США, Франция и т.д.), что до настоящего времени не удалось создать идеальных электродвигателей с тормозными устройствами [1, 2, 3].

Кроме этого технологические процессы грузоподъемных машин и механизмов и станков с ЧПУ на разных этапах работы требуют движение рабочего органа с различной скоростью, что обеспечивается в современных электроприводах путем электрического регулирования скорости и момента электродвигателя. Для решения этой задачи, как известно, применяют два основных метода частотного управления, а именно: скалярное управление и векторное управление [4].

Поэтому проблема создания компактных двигателей с тормозом и электрических схем торможения, позволяющих обеспечить с наименьшими затратами быстрый и точный останов и фиксацию вала механизма, остается актуальной, а исследования процессов в таких электродвигателях при частотном управлении имеют практическую ценность.

В настоящее время из всех известных конструкций наиболее перспективным для решения отмеченной проблемы является самотормозящийся асинхронный двигатель (СЭД) с электромагнитной вставкой на роторе [1,4], который получил наибольшее распространение в силу своих конструктивных преимуществ.

Особенностью процессов в самотормозящихся электродвигателях является их многоэтапность, которая сопровождается коммутацией статорных цепей и срабатыванием тормозного устройства. Поэтому разработанная математическая модель асинхронных самотормозящихся электродвигателей охватывает следующие режимы: включение вперед, разрыв обмотки статора перед механическим торможением тормозным устройством, а так же отражать моменты, связанные с условиями размыкания и замыкания тормоза.

В настоящей статье приведена методика расчета и анализ электромагнитных усилий удержания тормозного устройства СЭД со вставкой на роторе при частотно-токовом управлении.

Основной материал и результаты исследований

Самотормозящийся электродвигатель со вставкой на роторе отличается от двигателя основного исполнения лишь наличием тормозного устройства, работа которого связана с использованием части основного магнитного потока между статором и ротором и потока рассеяния короткозамкнутого кольца обмотки ротора для создания электромагнитных усилий [3, 4] (рис.1). С этой целью ротор выполняется специальной конструкции. Основная и тормозная части ротора объединены в единое целое. Тормозной момент создается пружиной, которая прижимает тормозной диск-вентилятор с тормозными накладками к поверхности специального подшипникового щита.

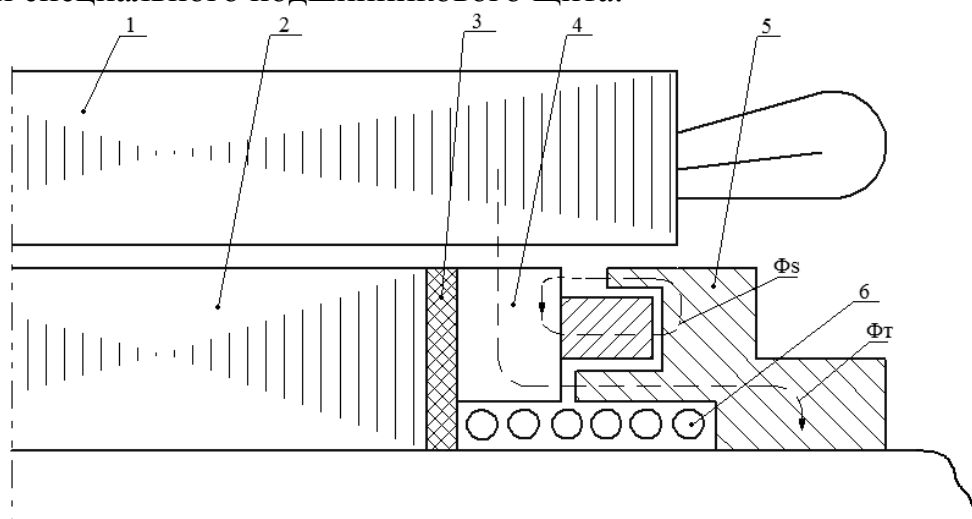


Рис. 1. Магнитная система СЭД с электромагнитной вставкой на роторе.

1 – статора СЭД, 2 – основная часть ротора СЭД, 3 – немагнитная прокладка, 4 – тормозная часть ротора, 5 – электромагнитная вставка из магнитопроводящего материала, 6 – возвратная пружина, обеспечивающая замыкание тормоза и создание тормозного момента.

При математическом описании электромеханических процессов в самотормозящихся электродвигателях система уравнений содержит при общепринятых допущениях:

- уравнения равновесия напряжений, как и в двигателях основного исполнения;

$$\begin{aligned}\vec{u}_s &= R_s \vec{i}_s + \frac{d\vec{\psi}_s}{dt} + j\omega_k \vec{\psi}_s; \\ 0 &= R_r \vec{i}_r + \frac{d\vec{\psi}_r}{dt} + j(\omega_k - \omega) \vec{\psi}_r,\end{aligned}\quad (1)$$

- компонентное уравнение для электромагнитного момента двигателя;

$$\vec{M} = k(\vec{\psi} \times \vec{i}) \quad (2)$$

- уравнение равновесия моментов, когда тормоз разомкнут и тормозной момент $M_T = 0$;

$$M - M_c = J \frac{d\omega}{dt} \quad (3)$$

где $\vec{u}_s, \vec{i}_s, \vec{i}_r, \vec{\psi}_s, \vec{\psi}_r$ – обобщенные вектора напряжения, токов и потокосцеплений в обмотках статора и ротора соответственно.

Далее математическое описание процессов в СЭД связано непосредственно с электромагнитной частью встроенного тормозного устройства. Тормозное устройство в СЭД со вставками на роторе представляет собой своеобразного рода электромагниты переменного тока, которые характеризуются электромагнитными силами притяжения и удержания. Характер изменения усилий притяжения и удержания и их величины оказывают существенное влияние на электромеханические переходные процессы в СЭД. Это сказывается, прежде всего, на вращении ротора двигателя.

При разработке электроприводов с асинхронными двигателями с тормозными устройствами заложен частотно-токовый способ управления.

При этом режиме работы модули векторов токов и потокосцеплений постоянны, а производные их равны нулю. Поэтому систему уравнений равновесия напряжений (1) можно записать в комплексной форме в виде.

$$\begin{cases} \dot{U}_s = (R_s + jX_s) \cdot \dot{I}_s + j(X_{m0} + X_{mT}) \cdot \dot{I}_r; \\ 0 = j(X_{m0} + X_{mT}) \cdot s \cdot \dot{I}_s + (R'_r + jX_r \cdot s) \cdot \dot{I}_r. \end{cases} \quad (4)$$

где R_s и R'_r – активные сопротивления обмоток статора; X_s и X_r – индуктивные сопротивления обмоток статора и ротора; $X_m = X_{m0} + X_{mT}$ – индуктивное сопротивление взаимной индукции.

На рис. 2, 3 представлены в относительных единицах зависимости усилий удержания $F_{уд} = f(\alpha)$ при двузонном регулировании скорости вращения двигателя и зависимости $F_{уд} = f(\alpha)$ при изменении длины тормозной части ротора.

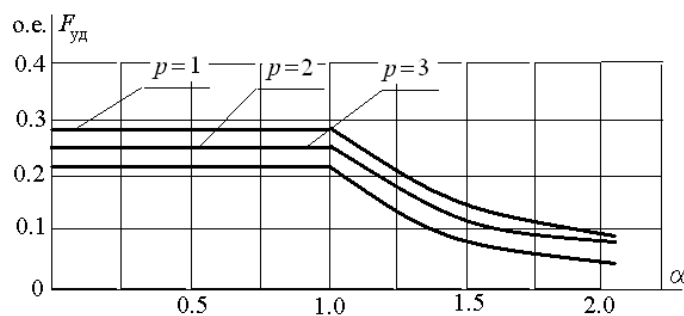


Рис. 2. Зависимость усилия удержания от частоты источника питания при двузонном регулировании.

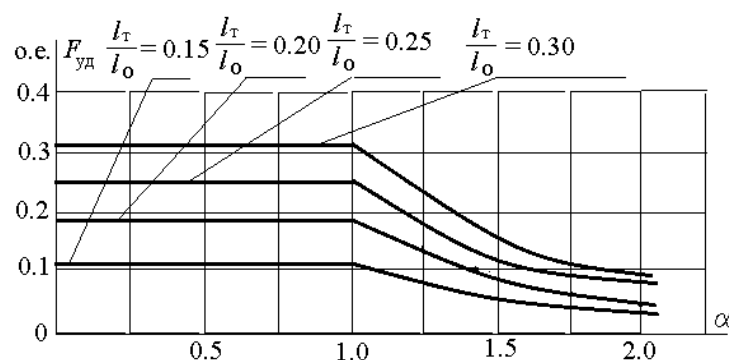


Рис. 3. Зависимости усилия удержания от частоты питающей сети при различных значениях длины тормозной части ротора при $p = 2$

Выводы

Расчет и анализ электромагнитных усилий, обеспечивающих работу тормозного устройства СЭД с электромагнитной вставкой на роторе, при частотно-токовым управлении показали:

1. тормозное устройство СЭД с электромагнитной вставкой на роторе обеспечивает надежную работу в диапазоне частот $f = 0 \div f_{1H}$, так как усилие удержания постоянно;
2. в зоне регулирования частоты вращения двигателя выше синхронной необходимо обеспечивать условие для надежного срабатывания тормозного устройства СЭД с электромагнитной вставкой на роторе, а именно:

$$F_{уд} \geq F_{пр},$$

где $F_{пр}$ – усилие противодействующей (тормозной) пружины.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Бочкарев И. В. Быстродействующие электромеханические тормозные устройства для электродвигателей. Автореферат докторской диссертации. – Москва: Энергоатомиздат. 2001. – 32 с.
2. Таршхоев Р. З. Разработка и математическое моделирование самотормозящихся асинхронных электроприводов. Автореферат кандидатской диссертации. Краснодар – 2005. – 32 с.
3. Соленьков В.В., Брель В.В. Асинхронные электродвигатели с электромеханическими тормозными устройствами. Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого. 2003. – 28-31 с.
4. Карлов Б., Есин Е. Современные преобразователи частоты: методы управления и аппаратная реализация. Силовая электроника №1 2004.

Научные руководители: С.Н. Кладиев, к.т.н., доцент каф. ЭПЭО ЭНИН ТПУ; Н.В. Гусев, к.т.н., доцент каф. ЭПЭО ЭНИН ТПУ.